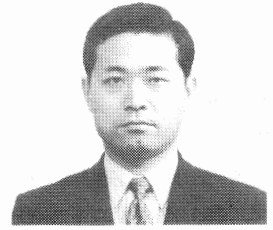


自然エネルギーの開発研究の将来

Future of the Development Research of Natural Energy



木村 建一*

Kenichi Kimura

1. はじめに

気軽に執筆をお引受けしてしまったが、書く段になってこれは大変な題を頂いたことに気がついた。まず、自然エネルギーの開発研究の「現状」ではなくて「将来」を書かなくてはならない。それから、よく言われる研究開発すなわちR&Dではなくて、「開発研究」つまり開発のための研究について書かなければならない。ところが開発研究の将来について参考になる文献はあまり見当たらない。したがってかなり独断になるかも知れないが、ここでは将来のあり方について日頃考えていることを少し述べてみることにしたい。

さて、上記の開発研究の真意は、単なる興味本位の研究のための研究ということではない。これがエネルギー研究について重要な点である。折しも、昭和55年度から文部省科学研究費によるエネルギー特別研究が発足して、大学等の研究機関でもこの逼迫したエネルギー問題に対応して基礎的・学際的・萌芽的な研究が各専門分野において開始された。¹⁾自然エネルギーの研究もその中の1つの重要な柱として取上げられ、全国的な組織で研究が進められている。

2. 自然エネルギー開発研究の目標

1979年8月総合エネルギー調査会需給部会が報告した「長期エネルギー需給暫定見通し」²⁾では、10年後の1990年には日本で必要なエネルギーの50%を石油以外のエネルギーに依存する必要があることが示されていたが、これがそのまま去る11月28日の閣議で石油代替エネルギー供給目標として決定された。表1に示すようにこの50%のうち、自然エネルギー関係では水力の4.6%が最も大きい。これは既存技術によって大規模の

表1 石油代替エネルギー供給目標

〔単位は石油換算で万³⁾リットル。カッ〕
〔内は全エネルギーに占める比率、%〕

	53年度実績	65年度目標
石 炭	5,681(13.7)	12,300(17.6)
原 子 力	1,542(3.7)	7,590(10.9)
天 然 ガ ス	1,940(4.7)	7,110(10.2)
水 力	1,941(4.7)	3,190(4.6)
地 熱	16(0)	730(1)
そ の 他	38(0.1)	3,850(5.5)
計	約11,200(27)	約35,000(50)

水力発電所を数多く造ることが見込まれていると考えられるが、特に新規の開発研究を要するものとして小水力も含まれていると見てよいであろう。また地熱発電は52年度の8万KWから350万KWに拡大され、1%をまかなう計画という。そのためには探査技術の開発や環境への影響に関する研究が特に必要とされる。その他に属する5.5%は石炭液化を含む新エネルギーであるがこれは石油換算3850万klに相当する。このうち太陽エネルギーを始めとする自然エネルギーがかなりの部分を占めると想像される。これを達成するのは考えてみれば大変なことで、自然エネルギー開発研究に余程の力を入れなければならないことを意味している。

最新の優れた平板形太陽集熱器は1㎡当り年間100ℓの石油を産出する勘定になるから、もしその半分を太陽熱でまかなうとすると約2億㎡の集熱器が必要ということになる。現在市販の集熱器は性能は十分高いが高価なので、性能を更に高めるか安価な集熱器を開発するか、そうでなければ、全く異った方法による太陽エネルギー有効利用の方法も研究する必要がある。またそれと同時に蓄熱システムや二次側システムに関する画期的な開発研究も当然必要になる。

さらに、先進工業国と比較して日本は今後民生用特に住宅用のエネルギー消費の増大が予想される。それも特に電気エネルギーの需要増が多くなると考えられ

*早稲田大学理工学部建築学科教授

〒160 東京都新宿区大久保3-4-1

るので、自然エネルギーの開発研究も発電にもっと力を入れる必要があると考えられている。その点、太陽電池には期待が寄せられているが、自然の流体エネルギーである風力、河川、波浪、潮汐のエネルギーを利用する発電、海洋温度差、海洋濃度差による発電にも開発研究の手がさしのべられてゆくと考えられる。

エネルギー研究はどちらかという、泥臭い研究だと思ふ。表1の代替エネルギー目標を前提にすると、そう悠長なことは言っていない。やはり短期的に優れた成果を挙げることが要求される。優れた研究というのは研究テーマの適切な選択が殊の外重要である。テーマが決れば、現代の日本には優れた研究設備や研究陣があるから、時を与えれば成果は出てくる。したがって優れた成果は優れたテーマに90%左右されるといってよいだろう。近い将来の成果が要求されるとすれば、何か研究さえしているとそのうち何かの役に立つだろうというのではなく、目的志向型の研究が今後ますます重要視されることは疑ないと思ふ。

3. 自然エネルギーの特質

自然エネルギーの開発研究を行う上で重要なことはまずその特質をよく把握しておくことであろう。自然エネルギーの最も重要な特質は再生可能でそれ自身無害であることだろう。また化石燃料や原子力と比べて稀薄で、不安定で、不確実であるため、利用しにくい面がある。また地域的に変化があることは枯渇性エネルギーにも別な意味で当てはまるが、ある一つの技術の普遍性を妨げる要因にもなっている。一方、よく自然の脅威といわれるように台風や竜巻や津波や洪水や干ばつのように過度の巨大なエネルギーは人間社会に災害を及ぼす。西日のように遮る必要が生ずる場合もある。凍結破壊も望まない自然の仕業である。自然エ

ネルギー利用装置が自然の力で破壊されることもあり得る。また脅威となる程莫大なエネルギーを秘めているからこそ利用する価値も見出されるのだともいえる。

積極的な自然エネルギー利用と表裏一体をなす面として、人間が望まない自然エネルギーを避ける努力も必要である。すなわち断熱や日除けがこれに当る。近年はこれを省エネルギーという語で代表しているが、需要を減らす努力は新しいエネルギーを作り出すより以前に重要で、よく用いられるザルに水を入れる譬のように技術開発に凝ってくるとこのことは往々にして忘れ勝ちになる。

自然エネルギーはそれ自体無害であるけれども、末端の利用システムまで考えると環境に悪影響を及ぼす要素が含まれることもあり得る。したがって、環境保全問題自体が研究テーマにもなる。例えば、地熱開発における脱砒素の問題などは物理探査、化学探査などの最新技術の研究と同じウエイトが置かれる。風力発電でも、騒音、電波障害、傷害の恐れのないような形状の風車の設計に関する研究が必要である。

4. 自然エネルギー開発研究における経済性的問題

エネルギー研究には、どうしても経済性が問われる。いくら高性能のものを開発してみてもあまり高価なものには関心が寄せられない。サンシャイン計画で国が空気調和・衛生工学会に委託した研究によると、住宅の太陽熱暖房はともかくとして太陽熱冷房はどうころんでも経済性は成立したいという結果が、数多くの場合のシミュレーションによって導かれ報告されている。³⁾ また最近では生産投入エネルギーとその物の寿命とを含めたライフサイクルコストがよく問題にされる。しかし一方、経済性評価の判断基準もこの数年変わってきていることに着目しなければならない。石油というもの



図1 自然エネルギーの利用の将来像

がしかりに値段が上昇してもいくらでも手に入るものだとしたならば、石油を経済性の比較対象にしてよいであろう。ところが石油依存50%という目標が設定されると、残りの50%は石油より高価なものに依存しなければならないことになるので石油を経済性の評価基準には使えない。一般論として図2のようにエネルギー一当り価格の安いものから順に多くの依存率を求めるようになるだろう。したがってより現実的な価値判断としてはエネルギー多様化の時代に入って各種の代替エネルギーとの相対評価によってより安いエネルギーにより多く依存する政策がとられるに違いない。しかし一方新エネルギーの実用化には開発研究のリードタイムが必要であるからそれも一概には言えないであろう。

さてエネルギーの選択は、経済性の他にも考えなくてはならない要素がいくつかある。将来のエネルギーのあるべき姿を示す評価基準として優先順位をつけるとすれば①安全性②健康性③倫理性④経済性⑤利便性の順序になると思う。安全性は人間の生命を重視する観点から最優先されるべきであり、健康性を第2順位にあげたのは人間が死に至らぬまでも病に侵されることのないようなエネルギー、無公害のエネルギー、環境への影響の少ないエネルギーを選択するべきだという論拠による。第3の倫理性とは、人類は将来生を享ける人も含めてすべて平等であるという見地から枯渇性のエネルギーはその時代に生きる人々が好きなだけ使ってしまったもよいということにはならないという考えで、特に石油などは化学原料として子孫にとっておく必要があることを意味する。第4が経済性で、最後に利便性になる。これが、将来のエネルギー選択の評価尺度となると考える。石油や原子力を選択することは、この順序と逆の優先順位の価値判断に基いているような気がする。

自然エネルギーを採点すれば、安全性、健康性、倫理性には高い点がつき、経済性、利便性には低い点がつくことになるだろう。それが将来の自然エネルギー利用技術の開発研究が経済性と利便性の追求に向けられるべきである所以でもある。これは、化石エネルギーや原子力利用の課題が安全性、健康性、倫理性という重要因子にあるのと対照的になっている。

5. エネルギーを運ぶためのエネルギー

自然エネルギーを利用するには、図3のように、太陽、地熱、風、流れなどのエネルギー源を“集め”、一時“蓄え”、そして“用いる”というプロセスを経なければ

ならない。一般にプロセスは単純であるに越したことはない。(a)の形より蓄熱システムの要らない(b)の方が、また(b)より集熱も要らない(c)の方が単純で、取扱いも簡単になる。例えば太陽熱暖房システムは(a)で、化石燃料による暖房は暖房の必要な時に燃料を燃すから(c)となる。したがって集熱器、蓄熱槽、それを繋ぐ配管、その運転のための自動制御に余分な費用がかかる。自然エネルギーの効果的な利用のためにはこの費用をいくらかでも下げる必要がある。その一つ的手段として提唱されているのがパッシブ・ソーラー・システムといわれるもので、例えば南の窓そのものを集熱器として用い、床や壁そのものを蓄熱体として働かせる。窓や床は本来の建築部材としての機能があるが、これに熱的機能を重複させることによってその経済性を高めることができる。また窓を開けて自然の風を取り入れるのも自然エネルギーの自然な利用法であるため、特に機械力を必要としない。海洋温度差発電では深海の冷水を取り出すポンプに多大の動力を必要とする。

パッシブ・システムとは、バルコムの定義によると熱が自然のしくみによって流れるようなシステムをいう。つまり、伝導、ふく射、自然対流によって自然のエネルギーが人間の望む方向へ移動してくれるようなシステムであって、それを考え出したり、他人が考えたものを評価したりするのが研究者の役目でもある。このパッシブ・システムの根本思想は、初期コストを下げること、エネルギー搬送用のエネルギーを極力少くすること、集熱器や蓄熱槽の生産投入エネルギーの回収に対する疑念を持たなくて済むことにある。ところが、すでにサンシャイン計画や企業等で開発され、市場化されているアクティブ・システム⁶⁾に対して、パッシブ・システムは個々の適用によって異った形態

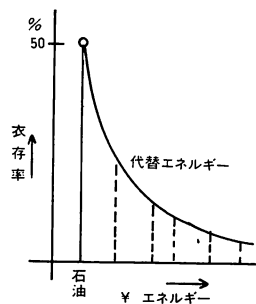


図2

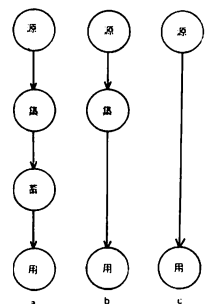


図3

をとるので、なかなか標準化がしにくい、また定量的な解析・評価も難しい。いくつかの類型分けはできているが、将来全く異ったタイプのものが出現する可能性も大きい。また、パッシブ・システムだけで充足できない部分に既存のエネルギーを消費する場合にはアクティブ・システムよりエネルギー収支の点で劣ることもあり得る。したがって、そういう場合に対応して、パッシブとアクティブを結合させたいわゆるハイブリッド・システムが登場する。このような考え方は他の自然エネルギーの開発研究にも当てはまるどころがあるかも知れない。

6. 自然エネルギー利用のハイブリダイゼーションと学際的研究

自然エネルギーだけでエネルギー需要を満たせないときは、一部既存のエネルギーに依存せざるを得ない。こう考えるのが普通であるが、もう一步進めて、できるだけ既存エネルギー依存を避ける努力を徹底的に推進する必要もある。地熱発電、海洋温度差発電では、既存の電力系統に直接つなぐことができるが、風力発電や太陽電池では蓄電池や直流/交流変換器も必要とする。風力に恵まれている地域では風力発電をそのまま直流電源として商用電源とは別に利用する方法も考えられる。例えば太陽集熱器用の循環ポンプに直流ポンプを用いればよい。当然、小形の効率の高い直流ポンプの開発も要求されるだろう。

一般に、一つの物に二つ以上の機能を賦与することは望ましい。平板形集熱器も、太陽エネルギーの短波長域の高級なエネルギーを直接低級な熱エネルギーに変えてしまうので、それはもったいない。そこで、太陽電池でまず光を電気に変え、その残りを熱として集めれば、上の論理に適合した形態になる。平板集熱器に太陽電池を貼りつけたハイブリッド・コレクター⁷⁾では、各々別々に働かせた場合よりそれぞれの効率は落ちるが、有効エネルギー・ベースでの総合効率は高くなる。理想的な製品を作るのはかなり難しいが、家庭の電力需要増加傾向と併せて考えれば開発研究の意義があると思う。

地熱でも発電に利用した残りの熱は還元井に落す前に熱交換して熱供給と結合させれば、これもハイブリダイゼーションとして周辺の市町村の熱需要に応ずることができる点で価値がより高くなる。⁸⁾同様なことが太陽熱発電についてもいえる。風力発電の場合、ジュール熱に変換してしまう方が効率は高くな

るが、給湯などの低温熱の有効エネルギーは電気の約10分の1に相当するのであまり面白くない。一般に発電できるものはまず発電に利用して、余剰や廃熱を熱として利用するのが自然だろう。風力発電の電気で暖房のヒートポンプをまわし、太陽熱と結合する方式も提案されている⁹⁾が、実現の可能性があると思われる。養魚場を兼ねた海洋温度差発電所なども考えられている。¹⁰⁾

このようなハイブリダイゼーションの研究は、将来ますます各方面で盛んになることが予想される。とりわけ学際的研究の実を挙げるに恰好の研究テーマが沢山あると思う。具体的には、シミュレーションによって予めどの位有効かどうか、エネルギーの需要パターンや地域性を考慮に入れて検討することも重要であろう。

自然エネルギーはローカル・エネルギーであるという特質を活かして有効利用を図り、既存エネルギーへの依存を最小限に抑えようとするとき、どうしてもハイブリッド・システムにならざるを得ない。そのため学際的研究は将来の自然エネルギー研究の目玉になるような感じがする。

ローカル・エネルギーということは、小容量のエネルギーの地域分散形になることを意味する。地熱にしても将来は5~10万KW級の発電所を多数建設する方が環境保全と周辺地域への熱供給とを組み合わせるのに適する¹¹⁾と云われている。小水力の発電用にも小形水車の開発が注目されているし、風力発電も制御上将来わが国では1KW前後のものを多数作る方が経済効果は高くなると予想されている。¹²⁾自然エネルギーはこのようにローカル・エネルギーとしてハイブリダイゼーションに適したエネルギーであり、地域のエネルギー需要に応じた規模のエネルギー供給を行うという目標をもって今後その開発研究が進められてゆくものと考えられる。

7. 自然エネルギー利用研究の国際協力

石油や原子力のような枯渇性エネルギーと異り、自然エネルギーは世界中比較的均等に分布している。したがって各国の研究者もその開発には共通の関心と理解を持っている。そこに国際協力を有意義たらしめる基盤が存在する。現に地熱研究では10年以上前から九州大学に海外からの研修生を受入れており、国際協力の実が挙げられているが、これは特筆すべきであろう。また国際会議も、太陽エネルギー、地熱エネルギー、

風力エネルギーなどそれぞれの分野において近年世界各地で華々しく開催され、いずれも盛況を極め、研究情報も溢れんばかりになっている。

国際協力で忘れてならないのは、南方諸国との技術協力を研究者も積極的な姿勢をとることだと思ふ。国連大学も「天然資源の利用と管理」というプログラムの下に各国の研究機関に呼びかけて、各地の気候や経済社会条件に適合した自然エネルギーの利用形態を追求すべく国際的研究協力を推し進めている。そこでは後進国が先進国の製品を輸入するという形ではなくて、各地で得られる材料と労働力を活用して先進技術の方法と巧く組み合わせるといふ、いわゆる中間技術の開発研究が望ましいとされ、その方が国際協力も永続すると考えられている。¹³⁾

とかく日本では従来日本のための研究を行うべきだと云う考え方が官民共に支配的であった。それは戦後あらゆる面で先進国に追い付けという姿勢で突走ってきたためで、日本人による外国のための研究はほとんどなかったし、あまり認められなかった。将来は国際協力を率直に意図した研究がますます重要性を帯びて来ると考えられる。

開発途上国との研究協力を目的として1979年2月に東京で開催された国際太陽エネルギーシンポジウム¹⁴⁾は非常に有意義であった。また、南方諸国の生活レベルの向上と共に大学等における研究レベルも高くなってきている。したがって国際会議の場では“教えられる”ことも多く、正に対等な立場で国際研究協力をを行う姿勢を研究者としても衿持する必要があると思ふ。このことは1980年10月末シンガポールで行われた「熱帯地域での太陽熱利用」に関する地域セミナー¹⁵⁾に出席して痛感したことでもある。

8. おわりに

日本はもともと大昔から資源に恵まれない国であった。そのため人々は叡智を結集して自然と調和した優れた生活様式を創造して来たし、それが長い間伝統として受け継がれて来た。その伝統が石油の大量発見によって“突然”破られたために、われわれは今日あるような豊饒社会の生活に馴致させられてしまった。エネルギー危機に臨んで、果してわれわれは再び伝統的な民家に住み、自給自足に近い生活を営む日がいつか来るのだろうか。恐らくライフスタイルまで以前と同じ形に戻ることはないと思っている人が大部分である

う。しかしそのためにはそれなりの努力を払わなければならない。かりに1990年に石油消費を50%、630万バレル輸入が許されるとしてもかなりの省エネルギーと自然エネルギーに依存せざるを得なくなる。世界の原油生産の10%を3%の人口で消費している今日の状況がその頃まで道義的に許されるのかどうか、甚だ心許ない限りに思ふ。自然エネルギーの開発研究が大いに期待される。

参 考 文 献

- 1) 水科篤郎, 大学におけるエネルギー研究について, エネルギー・資源1〔3〕, 1980年9月
- 2) 児玉勝臣, わが国のエネルギー政策, エネルギー・資源1〔2〕, 1980年7月
- 3) 昭和52年度サンシャイン計画委託調査研究成果報告書, 太陽熱冷暖房システムの研究, 空気調和・衛生工学会, 1978年3月
- 4) 本間琢也, 堀米孝, 谷辰夫, 牛山泉, 自然エネルギー, 共立出版, 1980
- 5) Balcomb, J. D., Summary of the Passive Solar Heating and Cooling Conference, Proceedings of Passive Solar Heating and Cooling Conference, Albuquerque, 1976
- 6) 野口哲男, 太陽エネルギー開発の現状と今後の課題, エネルギー・資源1〔1〕, 1980年5月
- 7) 木村建一, 斉藤正文, 伊香賀俊治, 太陽電池と平板集熱器のハイブリダイゼーション, 日本太陽エネルギー学会第6回学術研究発表会講演論文集, 1980年12月
- 8) 山崎達雄, 地熱エネルギーの研究開発, 学術月報32〔3〕1979年6月
- 9) 牛山 泉, 風力エネルギー開発の現状と今後の課題, エネルギー・資源1〔1〕, 1980年5月
- 10) 高野健三, 海洋エネルギー, 学術月報32〔3〕1979年6月
- 11) 森 康夫, 地熱エネルギーの現状と将来, エネルギー・資源1〔2〕, 1980年7月
- 12) 前掲8)
- 13) 木村建一, アルジェリアの太陽村落計画と国連大学の国際協力, 太陽エネルギー4〔3〕, 1978年8月
- 14) Proceedings of the Interregional Symposium on Solar Energy for Development, Tokyo, Feb, 1979, 日本産業技術振興協会
- 15) Proceedings of the Regional Seminar and Workshop on Solar Energy Application in the Tropics, Singapore, Oct. 30—Nov. 1, 1980 University of Singapore